デブリ冷却に関する研究と粒子状デブリ冷却性実験の展開 (2)粒子状デブリ冷却性に関する解析コード開発状況

Study on debris cooling and development of experiments on coolability of particle debris

(2) Development status of analysis code for particle debris coolability

*堀田 亮年1、秋葉 美幸1、菊池 航1

大川 理一郎²、植田 翔多²、新井 崇洋²、古谷 正裕²
¹原子力規制庁長官官房技術基盤グループ
²電力中央研究所

デブリベッド内の伝熱において、冷却性評価の観点から粒子層-構造壁面間の接触熱伝達に着目し、解析コード DPCOOL におけるモデル化、及び粒子状デブリ冷却性実験における注目点についてまとめる。 キーワード:粒子状デブリ、せん断応力項、二相流動様式、ドライアウト、DPCOOL

1. 緒言

実機の非均質デブリベッドの冷却において、内包される粒子層と構造壁面間の接触に伴う熱伝達による除熱が重要であり、デブリベッド内の伝熱を3次元モデル体系に基づき予測するコード DPCOOL において、この熱伝達メカニズムをモデル化するための知見を得るため粒子状デブリ冷却性実験を実施している。

2. DPCOOL の開発状況と課題

2-1. 流動モデルと検証・妥当性確認

プール二相流は2流体 Navier-Stokes 方程式により、デブ リベッドは Tung & Dhir によるポーラスメディア2流体流 動モデルにより定式化し、デブリベッドにおいてはせん断 応力項を無視している。コードの発熱粒子層内での気液対 向流によるドライアウトの予測能力は、Lipinski-OD モデル との比較、及び IKE-DEBRIS 実験、VTT-COOLOCE13 実験 等の発熱粒子層を用いた実験解析により確認している。

2-2. 粒子層-構造壁面の接触熱伝達係数のモデル化

実機におけるデブリベッド冷却性評価に対応するため、Fig.1に示すようにデブリベッド構成要素間の多様な熱伝達モデルを組み込んでいる。

金属製ライナでカバーされたキャビティのバウンダ リ気密性維持や、BWRにおける圧力容器内でのCRD ガイドチューブ通水によるデブリ冷却への寄与におい ては、Fig.2に示す粒子層と構造壁面の接触熱伝達が重 要である。構造壁面を介して伝えられる伝熱量は、冷 却水及び粒子層に対する伝熱量の合計である。その配 分と大きさは、接触面積、及び接触面近傍の二相流動 様式によって影響を受けることが考えられる。十分に



Fig.1 Heat transfers considered in the heterogeneous debris bed and heat structures accompanied by the internal coolant flow. Particle layer Pipe wall Internal flow Pipe wall



Fig.2 Contact heat transfer between the particle layer and heat structure.

固化したデブリ粒子は、水圧や粒子層自重程度の押圧では変形しないために点接触状態が維持されるが、高 温かつ固化していない状態で構造壁面と接触する場合には、双方の変形により接触面積が拡大することが考 えられる。

また、DPCOOLにおいては、粒子層内に連続体としてのせん断応力は発生しないと仮定しているが、壁 面近傍において粒子密度が低い場合には、液相-気相相対速度の影響により、壁面近傍の二相流動様式はバ ルク領域のそれとは異なり、この仮定が妥当ではない可能性がある。

3. 結論

以上により、粒子状デブリ冷却性実験では、個別効果試験において接触面積と接触熱抵抗の関係、及び粒 <u>子層-壁面接触面近傍の二相流動について着目し、</u>これらに基づいて総合試験を実施することとした。 *HOTTA Akitoshi¹, AKIBA Miyuki¹, KIKUCHI Wataru¹, OKAWA Riichiro², UEDA Shota², ARAI Takahiro², FURUYA Masahiro²

1 Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R) 2 Central Research Institute of Electric Power Industry